心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 3, 350–360
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.00350

·研究构想(Conceptual Framework)·

拖延行为的认知神经模型及干预*

冯廷勇 张碧滢
(西南大学心理学部, 重庆 400715)

摘 要 拖延是一种普遍存在, 具有跨时间和跨情景稳定性的问题行为, 它会危害到人们的学习、工作和身心健康。然而目前拖延行为的认知神经机制仍不清晰, 且缺乏因果证据, 本项目拟从拖延的时间决策模型和三重神经结构网络模型出发, 构建拖延的认知神经模型, 并利用认知干预和神经调控技术, 检验和完善拖延行为的认知神经模型, 进而试图制定拖延的精准化干预方案。本项目分为 3 部分: (1)从记录与关联研究的视角出发, 利用多模态神经影像方法系统考察拖延行为的认知神经机制; (2)从因果/近因果研究视角出发, 利用认知干预和神经调控技术, 验证并完善拖延的认知神经模型; (3)从临床应用的视角出发, 建立拖延行为障碍的临床筛查–诊断体系, 并制定精准化治疗方案。本项目的开展对于探明拖延产生的核心认知神经机制具有十分重要的理论贡献, 同时对于拖延行为的有效预防和精准治疗具有重要的现实意义。
关键词 拖延, 认知神经模型, 认知干预, 神经调控
分类号 B848

1 问题提出

“明日复明日, 明日何其多, 我生待明日, 万事成蹉跎”。这首《明日歌》道出了拖延的危害, 也警示人们要谨防拖延。拖延(Procrastination)是指人们尽管预见到会带来不利后果, 仍自愿推迟开始或完成某一计划好的任务(Steel, 2007)。不同文化背景下的研究都一致表明, 拖延行为广泛存在于各类人群之中: 15%~20%的成年人存在慢性拖延(Ferrari et al, 2005), 超过 70%的学生承认自己存在学业拖延(Ferrari et al, 1995), 其中严重学业拖延约占 16% (李玉华 等, 2021)。大量研究证实, 拖延不仅会损害个体的学业表现和工作成就(Kim & Seo, 2015; Steel & Ferrari, 2013), 而且还会带来很强的焦虑、自责、自我否定等负性情绪(Sirois, 2014), 进而对人们的身心健康造成危害, 例如, 加重心血管疾病、破坏免疫系统等(Sirois, 2015)。因此, 探明拖延行为产生的核心机制并开发有效的临床干预方案是国内外研究者广泛关注的重要问题。

近来研究者们对拖延的定义、成因、影响因素及干预等方面进行了较为广泛的探索, 但是对拖延产生的核心心理机制的理解仍然不够深入。为了解决此问题, 本项目团队原创性提出了拖延的时间决策模型(Zhang & Feng, 2020)和拖延的三重神经结构网络模型(Chen, Liu et al, 2020), 以上两个模型为理解拖延产生的认知机制和神经基础奠定了基本的理论框架。但是, 拖延是一个复杂的心理行为现象, 至少包括评估、决策和执行三个阶段, 而目前的研究仅从认知机制或神经基础的单一视角进行探究, 仍然缺乏一个整合性的认知神经模型来系统指导探究拖延产生的认知神经机制; 同时, 也缺乏因果或近因果操纵的研究视角来验证拖延的认知神经模型, 更没有形成针对拖延行为障碍的个性化精准治疗方案。因此, 本项目首先, 将整合拖延的时间决策模型和三重神经结构网络模型, 构建拖延的认知神经模型; 其

收稿日期: 2022-11-02
* 国家自然科学基金面上项目(31971026, 32271123)、中央高校基本科研业务费专项资金项目(SWU2009104)和西南大学创新研究 2035 先导计划(SWUPilotPlan006)资助。
通信作者: 冯廷勇, E-mail: fengty0@swu.edu.cn

次，从认知干预和神经调控的因果(或近因果)视角系统地考察拖延行为的评估、决策和执行三阶段的认知神经机制，验证和完善拖延的认知神经模型；最后，从临床应用的视角出发，建立拖延行为障碍的临床筛查−诊断体系，并制定精准化治疗方案。本项目的开展对于探明拖延产生的核心认知神经机制具有十分重要的理论贡献，同时对于拖延行为的有效预防和精准治疗具有重要的现实意义。

2　国内外研究现状及分析

2.1　拖延的认知机制和神经基础

为什么明知拖延会带来不利后果，但是人们仍自愿推迟开始或完成任务呢？人们又如何在立即行动和拖延任务之间进行权衡呢？为了解答这些问题，不同研究者从不同角度进行了探究。其中, Sirois 和 Pychyl (2013)从情绪调节的角度出发，提出了短期情绪修复理论(Short-term Mood Repair Theory, SMRT)，认为拖延是一种自我调控的失败，即个体会优先考虑修复任务过程所引发的负性情绪从而放弃对远期结果的追求。Steel 和 König (2006)从时间取向出发，提出了时间动机理论(Temporal Motivation Theory, TMT)，具体的公式为：$Utility=\frac{E\times V}{\Gamma D}$，其中 E 表示个体对任务的期望，V 表示任务的价值，Γ 表示个体的拖延敏感性特征, D 表示任务的时限，当个体的期望以及任务的价值提高时，其行动动机升高，拖延减少；而个体的拖延敏感性特征提高或任务的时限增长时，其行动动机降低，拖延增加。归根结底，拖延的发生是由于个体不愿现在开始执行任务，但希望自己在未来能够完成此任务，因此关于拖延的理论应全面揭示人们在现在和未来之间做出不对称选择的原因。其中，拖延的短期情绪修复理论表明人们拖延任务是为了减少任务引发的负面情绪，这虽然说明了拖延者现在不愿意执行任务的原因，但并未解释他们为什么希望自己未来完成此任务。相比之下，时间动机理论表明随着任务时限的临近，个体的行动动机增加，拖延减少。这更多地说明了拖延者愿意在未来完成任务的原因，但对于他们不愿现在开始执行任务的解释不够充分。鉴于现有理论在解释现在和未来之间的不对称决策方面存在局限性，本研究团队提出了拖延的时间决策模型(Time Decision Model of procrastination, TDM，如图 1 所示; Zhang, Liu & Feng, 2019; Zhang & Feng, 2020)，全面解释为什么拖延者现在不愿意开始执行一项任务，但认为自己未来能够完成这项任务。TDM 认为：首先，决定个体是否拖延的关键在于行动动机和拖延动机之间的竞争；其次，这两种动机的竞争实际上可简化为任务正性结果效用和任务负性过程效用之间的权衡；最后，预期到未来的任务负性过程和任务正性结果都会受到延迟折扣的作用，使任务负性过程发生折扣是拖延行为产生的核心目的。目前，TDM 已得到一些研究地证实：当个体感知到的任务负性过程效用超出任务正性结果效用时，就会做出拖延的决策；任务负性过程效用随延迟时间呈双曲线的折扣模式，而任务正性结果效用随时间推移(越接近最后期限)呈双曲线的递增模式(Zhang & Feng, 2020)。

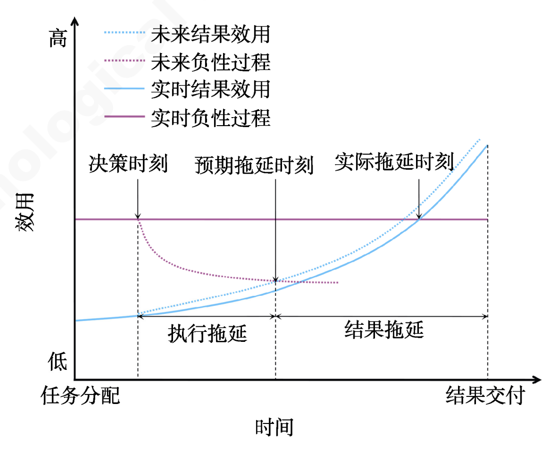


图 1　拖延的时间决策模型

$$决定=\underbrace{\frac{E_{执行}\times V_{执行}}{1+\Gamma_{执行}\times D_{执行}}}_{执行效用}+\underbrace{\frac{E_{结果}\times V_{结果}}{1+\Gamma_{结果}\times D_{结果}}}_{结果效用}$$

拖延的决策公式： *E* 代表期望，*V* 代表价值，*Γ* 代表对延迟的敏感性, *D* 代表延迟时间。$D_{执行}$表示从现在到决定执行任务时间点之间的间隔，$D_{结果}$表示从决定执行任务的时间点到任务奖励兑换时间之间的间隔(Zhang & Feng, 2020)。

拖延是一个复杂的心理与行为现象，从过程上来讲，至少有评估、决策和执行三个阶段 Zhang, Liu & Feng, 2019)，但目前的研究主要集中于探索拖延的评估和决策过程，较少涉及到拖延的执

行阶段。个体在面对任务时做出立即行动的决策并不意味着行动的产生，若个体最终未能坚持完成任务，也属于拖延行为的范畴。因此，对执行阶段的研究对于减少拖延行为来说同样极为重要。根据拖延的时间决策模型，评估阶段主要涉及对任务负性过程(负性过程效用)和任务正性结果(正性结果效用)主观价值的评估。模型指出，由负性过程诱发的任务厌恶情绪是引发拖延动机的主要因素。拖延的首要目的就是通过推迟任务，使任务厌恶发生折扣，即当人们距离执行任务的时间越远，感受到的任务厌恶就越少，从而导致拖延。与任务厌恶不同，由奖励(或惩罚)引发的结果效用在完成任务后才能获得(或避免)，因此其兑现时间必然与当前存在一定的时间距离。随时间推移，个体与“结果兑现”日之间的距离逐渐减少，个体体验到的任务结果效用逐渐增加(Zhang & Feng, 2020)。而对未来过程或结果效用的表征都要依赖于预期想象能力的参与：先前研究发现，对负性任务过程的预期想象会加剧拖延行为，而对正性任务结果的想象则会减少拖延(魏佳明，冯廷勇，2019)；预期任务正性结果价值和预期任务负性过程两者一起能够最优预测个体的任务执行意愿(Yang et al, 2021)。以上结果提示，预期想象可能是拖延任务评估过程中的核心心理机制之一。此外，TDM 模型指出拖延动机主要来源于任务负性过程效用，而行动动机则取决于任务正性结果效用，个体通过比较不同时间点的两种效用来决定何时执行这项任务，即当前体验到的任务正性结果效用超过任务负性过程效用时，人们会做出立即行动的决策，反之则做出拖延的决策，然而当两种动机相持不下时，自我控制能力则会在其中起调控作用(Zhang & Feng, 2020)。在决策阶段，自我控制可以促进个体对远期奖赏的考量，并产生有远见的行动(Berkman et al, 2017)，因此可以通过增加任务结果的价值或主观价值来减少拖延。然而，个体做出立即行动的决策后仍然存在拖延的可能，在执行阶段，如何调节在执行任务时的厌恶情绪也是降低拖延的重要因素。研究发现，情绪调节能力强的个体可以通过调整情绪调节策略，使自己更加关注任务的积极结果，从而下调厌恶情绪，坚持执行任务(Hennecke et al, 2019)，因此情绪调节能力在任务执行阶段具有重要作用。总的来说，全面探究拖延的评估、决策、执行三个阶段的发生发展，以及每个阶段所涉及的核心认知能力的关键作用的是未来揭示拖延认知机制的新方向。

在探明拖延行为的神经基础的过程中，大量的研究证据表明预期想象、自我控制、情绪调节能力分别在拖延评估、决策和执行阶段中发挥关键作用。首先，预期想象是个体进行任务评估的核心：当个体越难想象任务和任务结果价值之间的联系时，就越容易出现任务拖延行为，且这一过程与海马−壳核之间的功能连接减弱有关。海马使个体能够提前感受延迟奖赏，海马与价值评估相关脑区−壳核的功能连接减弱，说明个体感受未来奖赏的可能性减少，进而降低其执行动机，导致拖延的增加(Zhang, Becker, et al, 2019)。进一步的研究发现，预期想象分别通过自上而下的认知控制通路(背外侧前额叶−额下回、背外侧前额叶−楔前叶)和自下而上的情绪加工通路(海马−脑岛)共同影响拖延行为(Yang et al, 2021)。其次，自我控制在拖延决策中同样起着关键作用：结构态的研究发现，拖延与背外侧前额叶(dorsolateral Prefrontal Cortex, dlPFC)的灰质体积呈显著负相关关系，这为“拖延是自我控制失败的一种表现形式”提供了实证支持(Liu & Feng, 2017)；静息态研究发现，左背外侧前额叶−外侧眶额叶和左背外侧前额叶−右背侧额中回的功能连接与拖延呈显著负相关关系，且能够中介自我控制与拖延之间的关系(Xu et al, 2021)。上述研究均说明，自我控制缺失可能是拖延产生的重要认知机制。最后，拖延与情绪调节脑区的功能异常同样存在密切关联。新近研究以情绪调节策略为焦点，指出右侧 dlPFC 的灰质体积可以中介表达抑制策略的使用频率与拖延之间的关系，为理解情绪调节在拖延中的作用提供了新的视角(Wang et al, 2022)。基于前人研究，Chen 和 Feng 采用脑形态学技术(Voxel-Based Morphometry, VBM)系统考察了拖延行为的神经结构基础，提出了拖延的三重神经结构网络模型：以背外侧前额叶(dlPFC)和前扣带回(Anterior Cingulate Cortex, ACC)为核心节点的自我控制网络，以脑岛(insula)、眶额叶皮层(Orbital Frontal Cortex, OFC)为核心节点的情绪调节网络，和以腹内侧前额叶(ventromedial Prefrontal Cortex, vmPFC)、旁海马(Para-hippocampal cortex, PHC)为核心的预期想象网络(如图 2 所示；Chen, Liu et

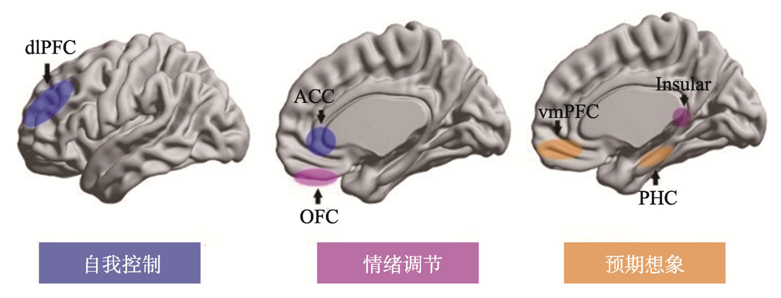


图 2　拖延的三重神经结构网络模型

注：①自我控制网络(蓝色图例)：核心脑区包括背外侧前额叶(dlPFC)和前扣带回(ACC)；②情绪调节网络(紫色图例)：核心脑区包括眶额叶皮层(OFC)和脑岛(insula)；③预期想象网络(黄色图例)：核心脑区包括腹内侧前额叶(vmPFC)和旁海马(PHC) (Chen, Liu et al, 2020)。

al, 2020)，并提出了自我控制、情绪调节和预期想象能力与拖延之间可能存在密切关系。尽管先前研究在拖延产生的认知机制和神经基础方面进行一些探索，但是目前仍然缺乏一个整合性的理论模型解释拖延产生的认知神经机制，即系统考察预期想象、自我控制和情绪调节能力在拖延行为不同发生阶段(包括任务评估、决策和执行阶段)的认知神经机制。

2.2　拖延行为的心理干预与神经调控

由于拖延的流行性和危害性，研究者在拖延的心理干预方面开展了大量研究和探索：(1)使用情绪关注策略减少对于任务的负性情绪的关注来降低拖延(Eckert et al., 2016; Mirzaei et al., 2014)；(2)改变不合理信念，在树立对任务的正确认知的同时增强完成任务的内部动机(Hayes et al, 2013; Pychyl & Flett, 2012)；(3)形成实施意向，即围绕任务目标制定行动计划，明确任务执行时间、地点、步骤等(Lin, 2017)；(4)在任务执行过程中，增强个体的自我管理和监控(Wäschle et al, 2014)。但是先前针对拖延的干预手段尚未建立在探明拖延成因的基础上，因此其改善拖延行为的有效性和长期性受到很大限制。而根据新近提出的拖延的时间决策模型和三重神经结构网络模型，预期想象、自我控制和情绪调节能力可能是参与拖延行为不同阶段(评估、决策和执行)的核心认知能力(Chen, Liu et al, 2020; Zhang & Feng, 2020)。因此，首先基于拖延的时间动机理论(TMT)和时间决策模型(TDM)，增加个体对于远期结果价值的评估可能会提升个体执行任务的动机，从而降低拖延行为(Steel, 2007; Zhang, Liu & Feng, 2019)。而预期想象是参与任务评估阶段对远期结果价值进行构建的重要能力。预期想象的 2(预期想象指向性：任务过程 vs. 任务结果) × 2(预期想象内容效价：正性 vs. 负性)模型指出，预期想象任务正性结果(与执行意愿正相关)和预期想象任务负性过程(与执行意愿负相关)共同预测个体的任务执行意愿(Yang et al, 2021)。该研究结果提示，改善拖延行为或许可以通过操纵个体预期想象的指向性(任务结果或任务过程)及其内容效价(正性或负性)来实现。此外，拖延很大程度上是源于对于短期负性情绪修复的需要(Sirois & Pychyl, 2013)，而情绪调节能力在任务执行过程中对任务厌恶情绪的调控将决定任务执行的成败与否(Zhang, Liu & Feng, 2019)。最近一项情绪调节策略的研究表明，采用“两害相权取其轻”的动机冲突选择策略能够有效调节个体的任务厌恶程度，从而减少拖延行为(侯滔, 2021)。总的来说，操纵预期想象和情绪调节等影响拖延的关键因素，不仅可以进一步检验拖延行为产生的核心认知神经机制，还可以为制定长期有效的拖延干预方案提供理论基础。

研究者不仅采用认知干预的方法来改善拖延，神经调控技术(如 Transcranial Magnetic Stimulation, TMS; transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)因其无创、易操作以及在临床治疗方面具有独特的优势，同样受到研究者们的广泛关注。例如，将 TMS 技术与磁共振成像技术相结合，能更好地探究大脑的网络和功能连接(Fox et al, 2012)；利用 TMS 或者 tDCS 技术改善背外侧前额叶区域的皮层兴奋性可以用于治疗抑郁症(Kiebs et al, 2019)。拖延的时间决策模型认为，个体对于任务正性结果和任务负性过程的权衡决定了个体是否开始执行任务，而自我控制在这二者之间的权衡起着重

要的调控作用(Zhang & Feng, 2020)。本研究团队利用高精度 tDCS 刺激左侧背外侧前额叶能够通过提升任务结果价值来提高执行意愿，进而降低拖延行为(Xu et al, 2022)。这一研究结果首次从神经调控的角度揭示自我控制调节拖延行为的因果机制。另外，如前所述，个体在执行任务时，对任务厌恶情绪的调节会直接影响任务的顺利执行。有研究表明，眶额叶皮层可能在调节个体焦虑、厌恶等情绪中起到重要作用(Rolls, 2004; Bechara et al., 2000)。目前，虽然有研究者针对眶额叶皮层进行神经调控以维持目标导向的行为(Ouellet et al, 2015)，但是目前并无研究探索刺激眶额叶皮层对任务执行的作用机制。综上，目前尚缺少利用无创神经调控技术，进一步检验自我控制、情绪调节能力在拖延行为产生中的认知神经机制的因果性研究。

3　研究构想

本研究将基于拖延的时间决策模型(Zhang & Feng, 2020)和三重神经结构网络模型(Chen, Liu et al, 2020)，构建拖延的认知神经模型，并利用认知干预和非侵入性神经调控(如 tDCS 和 TMS)等技术从因果视角检验和完善拖延的认知神经模型，从而系统地探明拖延行为的认知神经机制及有效的干预措施。具体的研究目标如下：(1)基于拖延时间决策理论和三重神经结构网络模型构建拖延的认知神经模型，从记录与关联研究视角探究拖延行为的认知机制和神经基础；(2)利用认知干预和神经调控技术，从因果/近因果研究视角出发，验证并完善拖延产生的认知神经模型，进而探明拖延行为的认知神经机制；(3)从临床和应用研究视角出发，建立拖延行为障碍的筛查−诊断体系，基于认知干预(如预期想象训练、情绪调节训练等)和非侵入性神经调控(如 tDCS 和 TMS)技术实现对拖延行为障碍的长效干预与治疗，并尝试结合精准医疗对拖延障碍患者实现个体化精准治疗。总体的研究框架及技术路线如图 3 所示。

3.1　研究 1：拖延行为认知神经模型的构建

本研究将拖延的时间决策模型(Zhang & Feng, 2020)和拖延的三重神经结构网络模型(Chen, Liu et al, 2020)整合为一个拖延行为的认知神经模型，并基于记录与关联研究视角，结合认知行为实验、多模态神经影像方法(任务态、静息态、结构态等)和认知神经计算建模等，系统考察拖延行为的认知神经模型中评估、决策和执行三个阶段中相应的认知成分与神经编码环路特征。

首先，本研究将考察在评估阶段任务过程效用和任务结果效用的不同神经编码环路及可能的交互机制。研究将使用自由建构范式(Zhang et al, 2021)，测查被试在评估阶段对任务过程效用和任



图 3　研究框架与技术路线

务结果效用的评估, 以及决策阶段测查任务执行意愿(例如“是否愿意在 24 小时内执行任务？”), 同时使用任务态磁共振技术记录被试在评估过程中的神经活动, 再基于认知神经计算建模建立起认知活动与神经活动(尤其是预期想象脑网络, 价值评估网络)之间的关联; 其次, 本研究将探究决策阶段自我控制调控任务过程效用和任务结果效用之间的权衡过程。在上一步的研究基础上, 在自由建构范式中测查被试在决策阶段的神经活动, 并使用神经计算建模方法验证自我控制脑网络(包括 dlPFC 核心脑区)是否以及如何在决策阶段对任务过程效用和结果效用之间起权衡作用的, 即自我控制脑网络的神经活动信号能否以及如何在决策阶段对评估阶段的结果起调节作用; 最后, 本研究将探究情绪调节在任务执行过程中的作用并探寻有效的调节策略。一方面, 我们将测量被试与情绪调节有关的能力和策略(情绪智力量表; Petrides, 2009); 情绪调节策略量表; Gross & John, 2003)以及神经网络特征(包括 OFC、脑岛等情绪脑区, 使用静息态磁共振技术记录), 并利用这些与情绪调节有关的指标预测被试在真实生活场景中对任务的执行/完成情况, 以解释情绪调节策略和能力在拖延执行阶段的作用; 另一方面, 将使用任务态磁共振技术, 考察情绪调节在任务执行阶段中的作用及认知神经机制。

3.2　研究 2：拖延行为认知神经模型的检验——基于认知干预与神经调控的视角

此研究将从拖延行为产生的评估、决策和执行阶段出发, 利用认知干预和神经调控技术从因果或近因果视角验证并完善拖延产生的认知神经模型, 进而探明拖延行为的认知神经机制。本研究团队在先前研究中尝试利用预期想象训练以及高精度经颅直流电刺激(High-Definition transcranial Direct Current Stimulation, HD-tDCS)背外侧前额叶(dlPFC)以干预拖延行为, 发现预期想象正性结果或提升自我控制脑区的皮层兴奋性后对拖延意愿减少具有重要作用, 但其具体改善机制尚不清楚(魏佳明, 冯廷勇, 2019; Xu et al, 2022)。因此, 本研究将进一步基于严格的实验组−控制组、前测−后测设计, 采用认知训练或神经调控技术操纵预期想象、自我控制和情绪调节等核心能力, 考察干预前后心理、行为和脑功能(预期想象、自我控制和情绪调节脑网络的功能连接、网络效率等指标)的变化, 进一步从因果或近因果的研究视角来检验拖延行为的认知神经模型。

首先, 预期想象的 2 指向性(任务过程 vs. 任务结果) × 2 内容效价(正性 vs. 负性)模型指出, 拖延过程中想象正性的任务结果会增加趋近动机, 想象负性的任务过程则会增加回避动机(Yang et al, 2021)。因此, 在探究预期想象在拖延评估阶段的作用及其认知神经机制时, 本研究计划采用实验组−控制组、前测−后测设计, 设立控制组和两组实验组(一组训练增加想象正性结果组, 另一组训练减少想象负性过程组), 检验实验组与控制组在训练前后的拖延意愿和实际拖延行为的变化。通过多重中介模型探查这一效应是否是通过两组被试的正性结果效用的增加或是负性过程效用的减少所产生; 同时, 探查预期想象脑网络与价值评估网络的功能连接及网络属性(例如全局拓扑属性, 如“小世界”属性, 网络效率; 局部拓扑属性, 如社群性、节点中心度)在训练前后的变化, 及这种变化是否能够中介预期想象训练减少拖延的效应。

其次, 本研究将探究自我控制在决策阶段对任务过程效用和任务结果效用权衡的调节作用及其认知神经机制。TDM 模型指出, 自我控制可能通过抑制任务过程相关的负性情绪或提高任务结果的价值评估, 来减少拖延(Zhang & Feng, 2020)。大量神经机制的研究表明, dlPFC 是自我控制的核心脑区, 其激活得增加可以提高个体对长期目标的价值评估(Cohen & Lieberman, 2010; Han et al, 2018)。其中, 左侧 dlPFC 的激活与个体负性情绪的感知与调节息息相关(Xie et al, 2019); 功能连接的研究进一步表明, dlPFC-OFC 之间功能连接得减弱可能会使个体更多的关注任务相关的负面信息, 并阻碍情绪调节, 这可能会增加拖延(Han et al, 2016)。此外, 个体自我控制得失败可能与 dlPFC-vmPFC 之间功能连接障碍有关, 个体对于任务正性结果的评估受到影响, 可能会增加拖延倾向(Wu et al, 2016)。总体而言, 对于 dlPFC 的神经干预不仅会通过自我控制网络, 同时可能激活情绪调节网络、价值评估网络来减少个体的拖延行为。具体而言, 本研究将设立控制组(伪刺激)和实验组(对左侧 dlPFC 进行重复性阳极经颅直流电刺激提升自我控制能力), 先考察任务负性过程效用、正性结果效用、执行意愿和实际拖延率在

神经调控前后的差异，再构建结构方程模型检验任务负性过程效用和正性结果效用交互影响执行意愿和实际拖延率的效应，以揭示自我控制影响拖延的认知机制；同时，检验自我控制脑网络的全局拓扑属性(如“小世界”属性，网络效率)和局部拓扑属性(如社群性、节点中心度)在训练前后的变化，及这种变化是否能够解释神经调控增强自我控制影响拖延的效应(贝叶斯结构方程推理模型)；

最后，本研究将探究情绪调节网络在执行阶段的调节作用及其具体的认知神经机制。在拖延的执行阶段，及时有效调节任务过程相关的负性情绪是顺利完成任务的关键。已有研究表明，OFC 是情绪调节网络的核心脑区，它与杏仁核、纹状体、脑岛以及扣带回等与情绪密切相关的脑结构相连，对情绪效价和唤醒度进行编码与调节(Guillory & Bujarski, 2014; Rolls, 2004; Rolls & Grabenhorst, 2008)。先前研究发现，左侧 OFC 与杏仁核的连接增强与负性情绪体验降低有关(Pourtois et al, 2006)。因此通过神经干预激活 OFC 及相关情绪网络(如杏仁核、脑岛等)可能通过降低个体在执行任务过程中的负性情绪从而减少拖延。具体而言，本研究同样将设立控制组(伪刺激)和实验组(对左侧 OFC 进行重复性阳极经颅直流电刺激提升情绪调节能力)，详细的分析思路与自我控制的调控基本一致，以揭示情绪调节影响拖延的认知机制。

3.3 研究 3：拖延行为的临床干预和精准治疗

首先，在建立拖延行为障碍的筛查−诊断体系时，本研究尝试基于临床和应用研究视角，将精神病学症状诊断体系和心理社会功能损害标准应用在拖延行为障碍的临床筛查和诊断上，制定临床拖延行为障碍患者的筛查−诊断体系，以区分轻度、中度、重度拖延患者(即病理性拖延)，并以此为依据来制定精准化干预方案(Sheeran & Zimmerman, 2002; Zimmerman & Mattia, 2001)。其次，在制定对于拖延行为障碍患者具有远迁移效应的有效干预方案时，本研究将制定具体的认知干预(以预期想象训练和情绪调节训练为核心)和神经调控(HD-tDCS 或 TMS，以自我控制能力和情绪调节能力为核心)治疗策略，对经过筛选和诊断的拖延行为障碍患者进行长效的干预和治疗。最后，在制定个性化干预或治疗方案以更有效地治疗拖延行为障碍，本研究将利用精准医疗的思路和原理，试图测查拖延行为障碍患者的认知−神经易感性，为患者制定精准定位和个体化认知干预和神经调控方案，以提升治疗效果，增强研究的临床应用和转化价值。

4 理论构建

首先，拖延行为是一个复杂的心理行为现象，至少涉及评估、决策和执行等三个阶段。为了探究拖延产生的认知机制，本课题组原创性提出了拖延的时间决策模型，从任务评估、决策和执行三个阶段来阐释拖延产生的认知机制(Zhang & Feng, 2020)；而后，又提出了拖延的三重神经结构网络模型：预期想象网络、自我控制网络和情绪调节网络(Chen, Liu et al, 2020)。尽管先前研究在拖延产生的认知机制和神经基础方面进行了一些探索，但是目前仍然缺乏一个整合性的理论模型解释拖延行为产生的认知神经机制。具体而言，在评估阶段，主要涉及到任务过程效用和任务结果效用的价值评估，此过程有赖于预期想象能力的参与。以腹内侧前额叶(vmPFC)和海马为核心脑区的预期想象网络参与自我相关的想象以及未来结果价值的表征(Addis et al, 2009; Atance & O’Neill, 2001; Mirzaei et al, 2014; Motzkin et al, 2014)。有研究发现，当个体想象正性任务过程时，会加剧拖延；而当个体想象负性任务结果时，会减少拖延(魏佳明，冯廷勇，2019)。在决策阶段，当任务正性结果效用所引发的行动动机和任务负性过程效用引发的拖延动机相持不下时，个体的自我控制能力将发挥关键作用(Zhang & Feng, 2020)。背外侧前额叶(dlPFC)和前扣带回(ACC)是自我控制网络的核心脑区，此网络参与调节认知资源并促进个体对于未来结果价值的追求(Botvinick, 2007; Marco-Pallarés et al, 2010)，因而自我调控成功与否决定了个体会立即执行，还是会选择拖延。在执行阶段，有效的调节任务所诱发的负面情绪是保证任务是否顺利完成的关键因素。情绪调节网络的核心脑区是脑岛和眶额叶(OFC)，此网络与个体情感的编码、负面情绪的监控和调节息息相关(Kanai & Rees, 2011; Lindquist et al, 2012; Petrovic et al, 2016)。有研究发现，情绪调节能力强的个体能及时有效的下调负性情绪，从而减少拖延(Eckert et al, 2016)。综上，本项目基于拖

延的时间决策模型和三重神经结构网络模型，整合构建拖延的认知神经模型(如图 4 所示)，并系统考察预期想象、自我控制和情绪调节能力在拖延行为的评估、决策和执行阶段的认知神经机制。

其次，从研究视角而言，根据拖延的时间决策模型和拖延的三重结构神经网络模型，先前研究主要聚焦于从记录和关联的角度探究拖延与预期想象、自我控制和情绪调节能力之间存在密切联系(Chen, Zhang et al, 2020; Xu et al, 2021; Yang et al, 2021; Zhang, Liu & Feng, 2019; Zhang et al, 2021)，但是却缺乏因果操纵的实证证据来支持并验证这三种能力如何在拖延形成不同阶段(评估、决策、执行)的具体作用机制。鉴于此，本项目拟利用认知干预(如，预期想象训练;Yang et al, 2021)与神经调控技术(如 tDCS)相结合的方式，从因果操纵的角度探究预期想象、自我控制和情绪调节能力在拖延评估、决策和执行阶段作用机制，进一步检验并完善拖延行为的认知神经模型。

最后，从临床应用视角而言，拖延行为会危害个体正常的社会功能，包括工作、学习、身心健康发展等(Kim & Seo, 2015; Sirois, 2015; Steel & Ferrari, 2013)，也对社会及国家的发展产生不

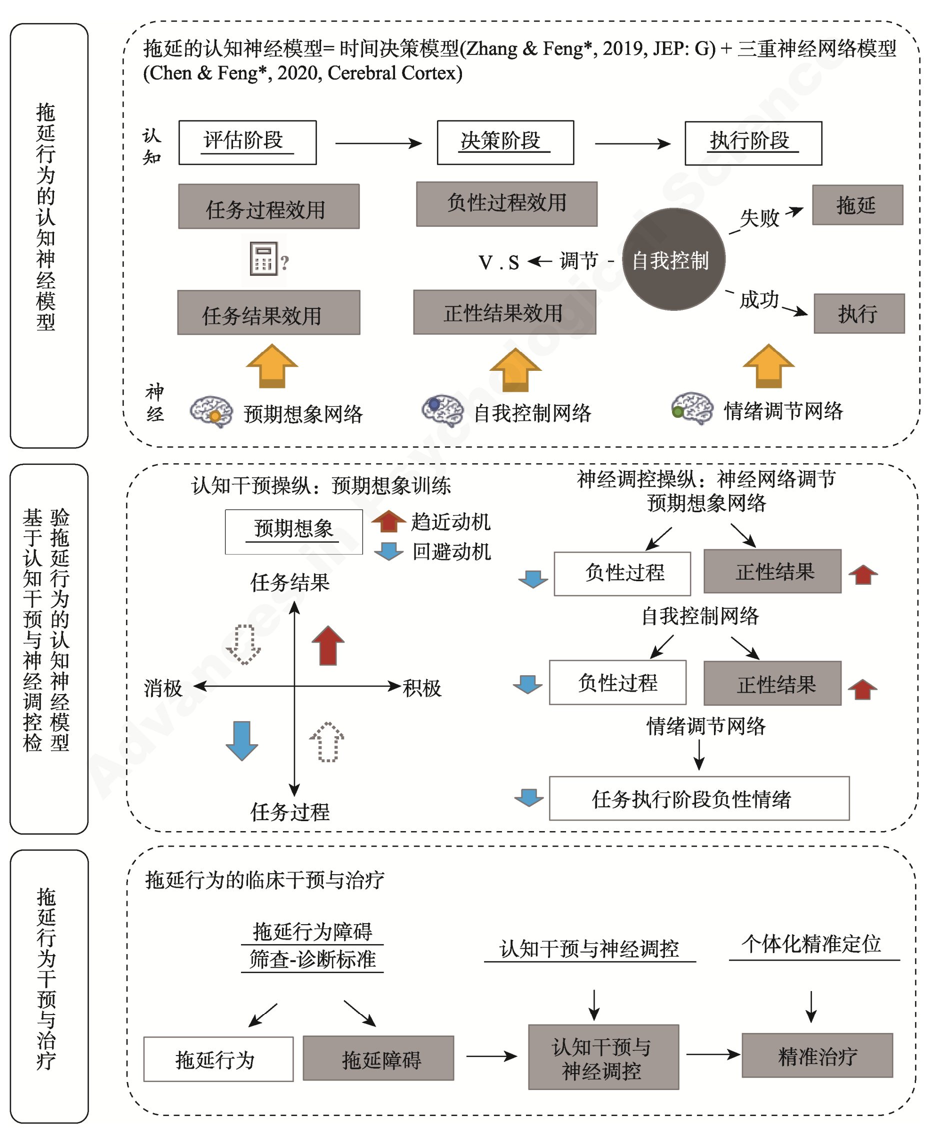


图 4　拖延行为的认知神经模型

利影响，例如削弱企业发展效率、延迟政府机构重要政策的制定及执行等。因此，预防拖延的发生和干预拖延行为障碍具有重要的实践意义。而如前所述，先前研究者主要从心理行为角度尝试对拖延行为进行干预，然而目前国内外研究者却尚未建立针对拖延障碍患者的临床筛查体系，并缺乏个性化、精准化且长效性的心理行为干预和神经调控方案。因此，本项目基于拖延行为的认知神经模型，建立拖延行为障碍的临床筛查−诊断体系(Zimmerman & Mattia, 2001)，并从认知干预和神经调控两条主线实现拖延行为障碍的有效临床干预和精准治疗。

综上所述，从拖延产生的动态心理(评估、决策、执行)过程出发，本项目构建了拖延的认知神经模型，并通过认知干预与神经调控的因果操纵进行检验和完善，这对于探明拖延产生的核心认知神经机制具有重要的科学价值，对于拖延行为的有效预防和精准治疗具有重要的现实意义。

参考文献

侯滔. (2021). *任务厌恶对拖延行为的影响* (硕士学位论文). 西南大学，重庆.

李玉华，霍珍珍，王雪珂，张李斌，冯廷勇. (2021). 小学生学业拖延量表的编制. *中国临床心理学杂志*, *29*(5), 931−936.

魏佳明，冯廷勇. (2019). 预期想象对拖延的影响:想象过程和想象结果的效应分离. *心理科学*, *42*(3), 619−625.

Addis, D. R., Pan, L., Vu, M.-A., Laiser, N., & Schacter, D. L. (2009). Constructive episodic simulation of the future and the past: Distinct subsystems of a core brain network mediate imagining and remembering. *Neuropsychologia*, *47*(11), 2222−2238.

Atance, C. M., & O'Neill, D. K. (2001). Episodic future thinking. *Trends in Cognitive Sciences*, *5*(12), 533−539.

Bechara, A., Damasio, H., & Damasio, A. R. (2000). Emotion, decision making and the orbitofrontal cortex. *Cerebral Cortex*, *10*(3), 295−307.

Berkman, E. T., Hutcherson, C. A., Livingston, J. L., Kahn, L. E., & Inzlicht, M. (2017). Self-control as value-based choice. *Current Directions in Psychological Science*, *26*(5), 422−428.

Botvinick, M. M. (2007). Conflict monitoring and decision making: Reconciling two perspectives on anterior cingulate function. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience*, *7*(4), 356−366.

Chen, Z., Liu, P., Zhang, C., & Feng, T. (2020). Brain morphological dynamics of procrastination: The crucial role of the self-control, emotional, and episodic prospection network. *Cerebral Cortex*, *30*(5), 2834−2853.

Chen, Z., Zhang, R., Xu, T., Yang, Y., Wang, J., & Feng, T. (2020). Emotional attitudes towards procrastination in people: A large-scale sentiment-focused crawling analysis. *Computers in Human Behavior*, *110*, 106391.

Cohen, J. R., & Lieberman, M. D. (2010). The common neural basis of exerting self-control in multiple domains. In R. R. Hassin，K. N. Ochsner，& Y. Trope (Eds.), *Self control in society, mind, and brain*. New York: Oxford University Press.

Eckert, M., Ebert, D. D., Lehr, D., Sieland, B., & Berking, M. (2016). Overcome procrastination: Enhancing emotion regulation skills reduce procrastination. *Learning and Individual Differences*, *52*, 10−18.

Ferrari, J., O'callaghan, J., & Newbegin, I. (2005). Prevalence of procrastination in the United States, United Kingdom, and Australia: Arousal and avoidance delays among adults. *North American Journal of Psychology*, *7*(1), 1−6.

Ferrari, J. R., Johnson, J., & McCown, W. G. (1995). *Procrastination and task avoidance: theory, research, and treatment*. Plenum Press.

Fox, M. D., Halko, M. A., Eldaief, M. C., & Pascual-Leone, A. (2012). Measuring and manipulating brain connectivity with resting state functional connectivity magnetic resonance imaging (fcMRI) and transcranial magnetic stimulation (TMS). *NeuroImage*, *62*(4), 2232−2243.

Gross, J. J., & John, O. P. (2003). Individual differences in two emotion regulation processes: Implications for affect, relationships, and well-being. *Journal of Personality and Social Psychology*, *85*(2), 348−362.

Guillory, S. A., & Bujarski, K. A. (2014). Exploring emotions using invasive methods: Review of 60 years of human intracranial electrophysiology. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *9*(12), 1880−1889.

Han, H. J., Jung, W. H., Yun, J.-Y., Park, J. W., Cho, K. K., Hur, J.-W., ... Kwon, J. S. (2016). Disruption of effective connectivity from the dorsolateral prefrontal cortex to the orbitofrontal cortex by negative emotional distraction in obsessive-compulsive disorder. *Psychological Medicine*, *46*(5), 921−932.

Han, J. E., Boachie, N., Garcia-Garcia, I., Michaud, A., & Dagher, A. (2018). Neural correlates of dietary self-control in healthy adults: A meta-analysis of functional brain imaging studies. *Physiology & Behavior*, *192*, 98−108.

Hayes, S. C., Levin, M. E., Plumb-Vilardaga, J., Villatte, J. L., & Pistorello, J. (2013). Acceptance and commitment therapy and contextual behavioral science: Examining the progress of a distinctive model of behavioral and cognitive therapy. *Behavior Therapy*, *44*(2), 180−198.

Hennecke, M., Czikmantori, T., & Brandstätter, V. (2019). Doing despite disliking: Self-regulatory strategies in everyday aversive activities. *European Journal of Personality*, *33*(1), 104−128.

Kanai, R., & Rees, G. (2011). The structural basis of inter-individual differences in human behaviour and cognition. *Nature Reviews Neuroscience, 12*(4), 231−242

Kiebs, M., Hurlemann, R., & Mutz, J. (2019). Repetitive transcranial magnetic stimulation in non-treatment-resistant depression. *British Journal of Psychiatry*, *215*(2), 445−446.

Kim, K. R., & Seo, E. H. (2015). The relationship between procrastination and academic performance: A meta-analysis. *Personality and Individual Differences*, *82*, 26−33.

Lin, L. (2017). Integratin the theory of planned behavior and implementation intention to overcome procrastination. *Acta Psychologica Sinica*, *49*(7), 953.

Lindquist, K. A., Wager, T. D., Kober, H., Bliss-Moreau, E., & Barrett, L. F. (2012). The brain basis of emotion: A meta-analytic review. *The Behavioral and Brain Sciences*, *35*(3), 121−143.

Liu, P., & Feng, T. (2017). The overlapping brain region accounting for the relationship between procrastination and impulsivity: A voxel-based morphometry study. *Neuroscience*, *360*, 9−17.

Marco-Pallarés, J., Mohammadi, B., Samii, A., & Münte, T. F. (2010). Brain activations reflect individual discount rates in intertemporal choice. *Brain Research*, *1320*, 123−129.

Mirzaei, M., Gharraee, B., & Birashk, B. (2014). The role of positive and negative perfectionism, self-efficacy, worry and emotion regulation in predicting behavioral and decisional procrastination. *Iranian Journal of Psychiatry & Clinical Psychology*, *19*(3), 342−343.

Motzkin, J. C., Philippi, C. L., Wolf, R. C., Baskaya, M. K., & Koenigs, M. (2014). Ventromedial prefrontal cortex lesions alter neural and physiological correlates of anticipation. *Journal of Neuroscience*, *34*(31), 10430−10437.

Ouellet, J., McGirr, A., van den Eynde, F., Jollant, F., Lepage, M., & Berlim, M. T. (2015). Enhancing decision-making and cognitive impulse control with transcranial direct current stimulation (tDCS) applied over the orbitofrontal cortex (OFC): A randomized and sham-controlled exploratory study. *Journal of Psychiatric Research*, *69*, 27−34.

Petrides, K. V. (2009). Psychometric properties of the trait emotional intelligence questionnaire (TEIQue). In C. Stough, D. H. Saklofske, & J. D. A. Parker (Eds.), *Assessing emotional intelligence: Theory, research, and applications* (pp.85−101). Boston, MA: Springer US.

Petrovic, P., Ekman, C. J., Klahr, J., Tigerström, L., Rydén, G., Johansson, A. G. M., ... Landén, M. (2016). Significant grey matter changes in a region of the orbitofrontal cortex in healthy participants predicts emotional dysregulation. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, *11*(7), 1041−1049.

Pourtois, G., Schwartz, S., Seghier, M. L., Lazeyras, F., & Vuilleumier, P. (2006). Neural systems for orienting attention to the location of threat signals: An event-related fMRI study. *NeuroImage*, *31*(2), 920−933.

Pychyl, T. A., & Flett, G. L. (2012). Procrastination and self-regulatory failure: an introduction to the special issue. *Journal of Rational-Emotive & Cognitive-Behavior Therapy*, *30*(4), 203−212.

Rolls, E. T. (2004). The functions of the orbitofrontal cortex. *Brain and Cognition*, *55*(1), 11−29.

Rolls, E. T., & Grabenhorst, F. (2008). The orbitofrontal cortex and beyond: From affect to decision-making. *Progress in Neurobiology*, *86*(3), 216−244.

Sheeran, T., & Zimmerman, M. (2002). Screening for posttraumatic stress disorder in a general psychiatric outpatient setting. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, *70*(4), 961−966.

Sirois, F. M. (2014). Procrastination and stress: Exploring the role of self-compassion. *Self and Identity*, *13*(2), 128−145.

Sirois, F. M. (2015). Is procrastination a vulnerability factor for hypertension and cardiovascular disease? Testing an extension of the procrastination-health model. *Journal of Behavioral Medicine*, *38*(3), 578−589.

Sirois, F., & Pychyl, T. (2013). Procrastination and the priority of short-term mood regulation: Consequences for future self. *Social and Personality Psychology Compass*, *7*(2), 115−127.

Steel, P. (2007). The nature of procrastination: A meta-analytic and theoretical review of quintessential self-regulatory failure. *Psychological Bulletin*, *133*(1), 65−94.

Steel, P., & Ferrari, J. (2013). Sex, education and procrastination: An epidemiological study of procrastinators' characteristics from a global sample. *European Journal of Personality*, *27*(1), 51−58.

Steel, P., & König, C. J. (2006). Integrating theories of motivation. *Academy of Management Review*, *31*(4), 889−913.

Wang, J., Zhang, R., & Feng, T. (2022). Neural basis underlying the association between expressive suppression and procrastination: The mediation role of the dorsolateral prefrontal cortex. *Brain and Cognition*, *157*, 105832.

Wäschle, K., Allgaier, A., Lachner, A., Fink, S., & Nückles, M. (2014). Procrastination and self-efficacy: Tracing vicious and virtuous circles in self-regulated learning.

Learning and Instruction, *29*, 103–114.

Wu, Y., Li, L., Yuan, B., & Tian, X. (2016). Individual differences in resting-state functional connectivity predict procrastination. *Personality and Individual Differences*, *95*, 62−67.

Xie, Y., Hu, Z., Ma, W., Sang, B., & Wang, M. (2019). Different neural correlates of automatic emotion regulation at implicit and explicit perceptual level: A functional magnetic resonance imaging study. *I-Perception*, *10*(1), 1−13.

Xu, T., Sirois, F. M., Zhang, L., Yu, Z., & Feng, T. (2021). Neural basis responsible for self-control association with procrastination: Right MFC and bilateral OFC functional connectivity with left dlPFC. *Journal of Research in Personality*, *91*, 104064.

Xu, T., Zhang, S., Zhou, F., & Feng, T. (2022). Stimulation of left dorsolateral prefrontal cortex enhances willingness for task completion by amplifying task outcome value. *Journal of Experimental Psychology: General*. https://doi.org/10.1037/xge0001312

Yang, Y., Chen, Z., Chen, Q., & Feng, T. (2021). Neural basis responsible for episodic future thinking effects on procrastination: The interaction between the cognitive control pathway and emotional processing pathway. *Cortex*, *145*, 250−263.

Zhang, S., Becker, B., Chen, Q., & Feng, T. (2019). Insufficient task-outcome association promotes task procrastination through a decrease of hippocampal-striatal interaction. *Human Brain Mapping*, *40*(2), 597−607.

Zhang, S., & Feng, T. (2020). Modeling procrastination: Asymmetric decisions to act between the present and the future. *Journal of Experimental Psychology: General*, *149*(2), 311−322.

Zhang, S., Liu, P., & Feng, T. (2019). To do it now or later: The cognitive mechanisms and neural substrates underlying procrastination. *WIREs Cognitive Science*, *10*(4), e1492.

Zhang, S., Verguts, T., Zhang, C., Feng, P., Chen, Q., & Feng, T. (2021). Outcome value and task aversiveness impact task procrastination through separate neural pathways. *Cerebral Cortex*, *31*(8), 3846−3855.

Zimmerman, M., & Mattia, J. I. (2001). A self-report scale to help make psychiatric diagnoses: The psychiatric diagnostic screening questionnaire. *Archives of General Psychiatry*, *58*(8), 787−794.

The cognitive neural model of procrastination and related interventions

FENG Tingyong, ZHANG Biying

(*Faculty of Psychology, Southwest University, Chongqing* 400715, *China*)

Abstract: Established as a widespread problematic behavioral and a stable individual tendency across time and different contexts, procrastination is harmful to the procrastinator's psychological, physical. Given that the cognitive neural mechanisms of procrastination are unclear and lack of causal evidences, we have developed studies on the basis of the time decision model of procrastination and the unified triple brain network model, using cognitive interventions and neural regulation technologies to construct and validate the cognitive neural model of procrastination. In addition, we intended to design precise interventions for procrastination as well. Our studies included three aspects: (1) From the perspective of recording and association research, we used multimodal MRI methods to systematically investigate the cognitive neural mechanisms of procrastination; (2) From the perspective of causal/near-causal research, we used cognitive interventions and neuroregulatory techniques to validate and improve the cognitive neural model of procrastination; (3) From the perspective of clinical application, we intended to establish a clinical screening and diagnosis system and precise interventions for procrastination behavior disorder. Thus, this study not only reaped important theoretical contribution to the exploration of the core cognitive neural mechanisms of procrastination, but also obtained practical significance for the effective prevention and precise treatments of procrastination.

Keywords: procrastination, cognitive neural model, cognitive intervention, neuro-regulation